

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KERTAS DARI DAUN NANAS DAN ECENG GONDOK

Vivien Ayunda, Syahrul Humaidi^{*)}, Diana A Barus^{*)}
Departemen Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara,
MEDAN
e-mail: Vivien_ayunda@yahoo.com

INTISARI

Penelitian tentang pembuatan dan karakterisasi kertas yang terbuat dari campuran daun nanas dan eceng gondok telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan dengan metode semikimia, bertujuan untuk memperoleh pengganti bahan baku kertas dan mengetahui komposisi yang optimum dari campuran pulp daun nanas dan pulp eceng gondok. Variasi persen berat dari campuran yaitu 100:0%, 80:20%, 60:40%, 40:60%, 20:80%, 0:100%. Daun nanas dan eceng gondok dimasak menggunakan larutan NaOH 1,5%, pada suhu 100°C, kemudian dilakukan proses pemutihan dengan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, lalu dikeringkan. Setelah itu pulp dicampurkan sesuai dengan komposisi campuran yang telah dirancang.

Komposisi terbaik dari campuran pulp daun nanas dan pulp eceng gondok yaitu komposisi 60% pulp daun nanas dan 40% pulp eceng gondok. Pada komposisi tersebut memiliki gramatur 71,23 gr.m^{-2} , dan ketahanan sobek 90,5974 mili N yang sesuai dengan standart SNI 14-0115-1998 untuk kertas pembungkus makanan dengan nilai gramatur 80 gr.m^{-2} dan ketahanan sobek 99 mili N.

Kata kunci : Daun nanas, eceng gondok, pulp, and kertas.

ABSTRACT

Research on the manufacture and characterization of paper made from a mixture of pineapple leaf and water hyacinth has been done. The research was conducted using semi-chemical, aiming to obtain an alternative raw material for paper and find out the optimum composition of the mixture of pulp pineapple leaf and water hyacinth. Variations weight percent of the mixture is 100:0%, 80:20%, 60:40%, 40:60%, 20:80%, 0:100%. Pineapple leaf and water hyacinth cooked using a 1,5% solution of NaOH, at a temperature of 100°C, then performed with $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ bleaching process, dried, and then the pulp is mixed according to the composition of the mixture that has been designed.

Best composition of a mixture of pineapple pulp and pulp leaves are water hyacinth leaf pineapple pulp 60% and 40% water hyacinth pulp in which the composition has a grammage 71,23 gr.m^{-2} and tear resistance 90,5874 mili N in accordance with standart SNI 14-01115-1998 for food wrapping paper with grammage value of 80 gr.m^{-2} and tear resistance 99 mili N.

Keywords: Pineapple leaf, Water hyacinth, pulp, and paper.

1. PENDAHULUAN

Serat sebagai bahan baku penting dalam pembuatan kertas, bahan utama dalam pembuatan pulp kertas adalah selulosa dalam bentuk serat, sedangkan serat selulosa dapat diperoleh dari tumbuhan kayu dan non kayu yang semuanya dapat dipergunakan untuk pembuatan pulp kertas.[8] Serat ini berasal dari bagian tumbuhan

seperti batang, tangkai buah dan kulit .[1] Bahan baku yang mendominasi adalah bahan kayu karena persediaannya yang sangat banyak di hutan. Namun akhir-akhir ini karena penebangan kayu yang tidak terkendali berakibat fatal dengan terjadinya kerusakan lingkungan.[4]

Kertas adalah salah satu kebutuhan pokok sebagai alat tulis, seni dan keperluan rumah tangga.

* Departemen Fisika Jl. Bioteknologi No.1 FMIPA USU Medan

Sehingga kita perlu mencari bahan alternatif lain yang seratnya dapat diolah menjadi kertas yang salah satunya adalah bahan non kayu. yaitu eceng gondok yang selama ini belum banyak dimanfaatkan. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dapat diolah menjadi bahan baku pupuk, mulsa, media semai, dan kertas.[4]

Perkembangbiakan eceng gondok sangat cepat sehingga tanaman ini berubah menjadi gulma, hal tersebut terbukti walaupun tumbuhan ini sering dibersihkan dari danau, namun keberadaannya masih melimpah. Peneliti memanfaatkan tanaman eceng gondok sebagai bahan baku pembuatan kertas karena eceng gondok mengandung selulosa/serat. Pulp eceng gondok yang dihasilkan berwarna cokelat namun dapat diputihkan dengan proses pemutihan (bleaching).[6]

Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang perkembangbiakannya luar biasa cepat, tumbuhan ini dapat menjadi dua kali lipat dalam jangka waktu sepuluh hari, bila seratus tanaman dibiarkan di suatu perairan, dalam jangka waktu delapan bulan akan menutupi wilayah perairan seluas satu kilometer persegi.[2]

Begitu juga daun nanas yang merupakan salah satu alternatif tanaman penghasil serat yang selama ini hanya dimanfaatkan buahnya saja sebagai sumber bahan pangan, sedangkan daun nanas sendiri tidak dimanfaatkan sehingga menjadi limbah yang sebenarnya berpotensi.[3]

Di Indonesia tanaman nanas sudah banyak dibudidayakan, terutama di pulau Jawa dan Sumatera. Tanaman nanas akan dibongkar setelah dua atau tiga kali panen untuk diganti dengan tanaman baru, oleh karena itu limbah daun nanas terus berkesinambungan sehingga cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan kertas yang dapat memberikan nilai tambah.[5]

Pulp merupakan hasil pemisahan serat dari tanaman melalui berbagai proses pengolahan. Proses pembuatan pulp dibedakan atas proses mekanis, semi kimia (kombinasi kimia dan mekanis) dan kimia. Umumnya proses kimia banyak dilakukan untuk pembuatan pulp secara kimia adalah melarutkan lignin yang mengikat serat satu dengan lainnya.[6]

Proses pembuatan kertas dapat dilakukan dengan mengubah bahan baku serat menjadi pulp, dan kertas. Urutan proses pembuatannya adalah : Persiapan bahan baku, pembuatan pulp (secara kimia, semikimia, dan mekanik), pemutihan (bleaching), pengambilan kembali bahan kimia, pengeringan pulp dan pembuatan kertas. Proses yang membutuhkan energi paling tinggi adalah

proses pembuatan pulp dan proses pengeringan kertas.[7]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kertas

Kertas adalah barang yang berwujud lembaran-lembaran tipis. Yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari pulp yang telah mengalami pengerjaan pengeringan, ditambah beberapa bahan tambahan yang saling menempel dan saling menjalin, serat yang digunakan biasanya berupa serat alam yang mengandung selulosa dan hemiselulosa.

Secara umum kertas dibedakan menjadi dua golongan, yaitu kertas budaya dan kertas industri. Yang termasuk kertas budaya adalah kertas-kertas cetak dan kertas tulis, diantaranya adalah kertas kitab, buku, Koran dan kertas amplop. Sedangkan yang termasuk kertas industri adalah kertas kantong kertas minyak, pembungkus buah-buahan, kertas bangunan, kertas isolasi listrik, karton dan pembungkus sayur-sayuran.

2.2 Proses Pembuatan Kertas

Proses pembuatan kertas dapat dilakukan dengan mengubah bahan baku serat menjadi pulp, dan kertas. Urutan proses pembuatannya adalah : Persiapan bahan baku, pembuatan pulp (secara kimia, semikimia, dan mekanik), pemutihan (bleaching), pengambilan kembali bahan kimia, pengeringan pulp dan pembuatan kertas. Proses yang membutuhkan energi paling tinggi adalah proses pembuatan pulp dan proses pengeringan kertas.

2.3 Pengertian Pulp

Pulp adalah hasil pemisahan serat dari bahan baku berserat (kayu maupun non kayu) melalui berbagai proses pembuatannya (mekanis, semikimia, kimia). Pulp terdiri dari serat - serat (selulosa dan hemiselulosa) sebagai bahan baku kertas.

2.4 Komposisi Kimia Eceng Gondok

Komposisi kimia eceng gondok tergantung pada kandungan unsur hara tempatnya tumbuh, dan sifat daya serap tanaman tersebut. Eceng gondok mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain dapat menyerap logam-logam berat, senyawa sulfida, selain itu mengandung protein lebih dari 11,5% dan mengandung selulosa yang lebih tinggi besar dari non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat-zat lain.

Adapun kandungan kimia eceng gondok terdapat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Kandungan kimia eceng gondok kering

Senyawa kimia	Persentase (%)
Selulosa	64,51
Pentosa	15,61
Lignin	7,69
Silika	5,69
Abu	12

(Sumber : www.brodes.multiply.com)

2.5 Komposisi kimia Daun Nanas

Komposisi kandungan zat-zat tersebut pada umumnya sangat bervariasi tergantung pada jenis atau varietas tanaman nanas yang berbeda. Zat-zat tersebut perlu dihilangkan atau dikurangi pada proses selanjutnya (*degumming*) agar proses *bleaching* ataupun *dyeing* lebih mudah dikerjakan. Tabel 2.1 akan memperlihatkan komposisi kimia dari daun nanas.[1]

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Serat Nanas Kering

Komposisi kimia	Serat Nanas (%)
Alpha Selulosa	69,5 – 71,5
Pentosan	17,0 – 17,8
Lignin	4,4 – 4,7
Abu	0,71 – 0,87
Silika	4,5 – 5,3

(Sumber : Anonim, 2006)

2.6 Sifat Fisis Kertas

2.6.1 Gramatur

Gramatur adalah massa lembaran kertas atau karton dalam gram dibagi dengan satuan luasnya dalam meter persegi, diukur dalam kondisi standard an dengan metoda SNI 14-0435-1998. Pengukuran dilakukan di Balai Besar Pulp dan Kertas.

2.6.2 Tebal Kertas

Tebal kertas adalah jarak tegak lurus antara kedua permukaan kertas atau karton, diukur pada kondisi standard dengan metoda SNI 14-0439-1989. Pengukuran dilakukan di Balai Besar Pulp dan Kertas.

2.6.3 Rapat Massa Kertas

Rapat massa adalah perbandingan antara massa kertas dengan volume kertas dan secara matematis dapat dituliskan :

$$\text{Rapat massa} = \frac{\text{massa (Gram)}}{\text{volume (m}^3\text{)}} \dots\dots\dots(1)$$

2.6.4 Ketahanan Tarik Kertas

Ketahanan tarik kertas adalah daya tahan lembaran kertas atau suhu karton terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujung kertas atau karton tersebut diukur pada kondisi standar dengan metoda SNI 14-4737-1998. Pengukuran dilakukan di Balai Besar Pulp dan Kertas menggunakan alat Tearing Strength Test.

2.6.5 Ketahanan Sobek Kertas

Ketahanan sobek adalah gaya dalam gram (gf) yang diperlukan untuk menyobekkan kertas atau karton pada keadaan standar dengan metoda SNI 0436: 2009. Pengukuran dilakukan di Balai Besar Pulp dan Kertas menggunakan alat Tensile Strength Test.

2.6.6 Indeks Tarik Kertas

Indeks tarik kertas adalah ketahanan tarik dibagi dengan gramatur kertas tersebut, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\text{Indeks tarik} = \frac{\text{Ketahanan tarik (N.m}^{-1}\text{)}}{\text{gramatur (gr.m}^{-2}\text{)}} \dots\dots\dots(2)$$

2.6.7 Indeks Sobek Kertas

Indeks sobek kertas adalah ketahanan sobek kertas dalam mili newton dibagi dengan gramatur, secara matematis dapat dituliskan

$$\text{Indeks sobek} = \frac{\text{ketahanan sobek (N)}}{\text{gramatur (gr.m}^{-2}\text{)}} \dots\dots\dots(3)$$

3. METODELOGI

3.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah Daun nanas, Eceng gondok, air bersih, soda api (NaOH) dan Ca(ClO)₂.

Alat-alat utama yang digunakan terdiri dari Drum kapasitas 20 Liter, Ember plastic, Blender, Gunting, Neraca digital, Mistar, Mikrometer Skrup, *Tearing Strength Test*, *Tensile Strength Test*.

2.2 Cara Kerja

Pada percobaan awal dilakukan pembuatan pulp daun nanas dan pulp eceng gondok, drum dengan kapasitas 20 liter diisi air sebanyak 15 liter, ke dalamnya dilarutkan 225 gram NaOH (soda api). Kemudian 1,5 kg tangkai eceng gondok kering dan daun nanas kering dimasukkan ke dalam drum yang sudah berisi larutan soda api. Proses *pulping*/pemasakan dilakukan pada suhu air

mendidih selama 1,5 jam, setelah 1,5 jam akan didapat eceng gondok atau daun nanas dalam bentuk bubur yang menyatu dengan air. Lalu dicuci dan dilakukan proses *Bleching*. pembuatan pulp daun nanas dan eceng gondok ini dilakukan secara terpisah, dan bubur kertas dikeringkan dengan panas matahari.

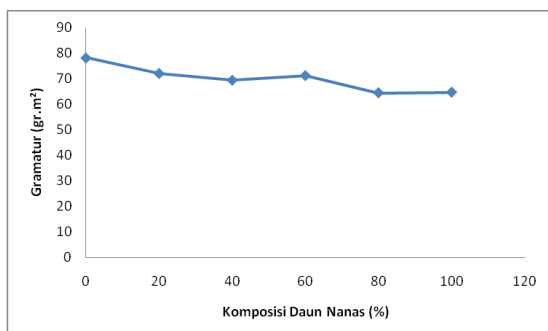
Setelah pulp daun nanas dan eceng gondok kering, maka dilakukan pencampuran, dengan komposisi perbandingan persen berat pulp daun nanas dan pulp eceng gondok (100:0)%, (80:20)%, (60:40)%, (40:60)%, (20:80)%, (0:100)%. Pulp eceng gondok dan daun nanas yang telah dicampurkan direndam dengan air selama 24 jam, lalu diblender dan dicetak dengan ukuran cetakan 30x15 cm. dan dikeringkan dengan matahari selama 1 jam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Sifat Fisik

3.1.1 Gramatur

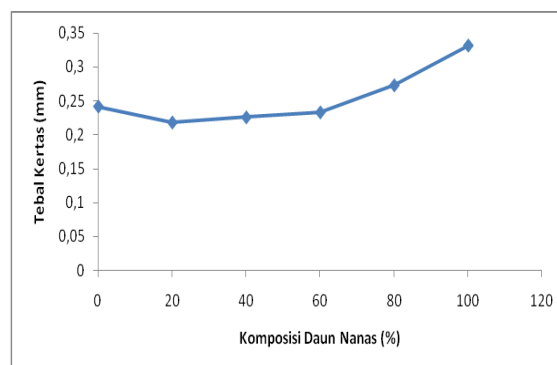
Dari Grafik 1 di atas, gramatur paling besar adalah pada campuran 0% pulp daun nanas dan 100% pulp eceng gondok adalah $78,22 \text{ gr.m}^{-2}$ dan kertas yang memiliki gramatur terendah terdapat pada campuran 40% pulp daun nanas dan 60% pulp eceng gondok besarnya adalah $69,39 \text{ gr.m}^{-2}$.



Grafik 1. Hubungan antara Gramatur dengan komposisi daun nanas (%)

Gramatur tertinggi terdapat pada komposisi 100% pulp eceng gondok, hal ini disebabkan karena eceng gondok merupakan tumbuhan berserat pendek, dan serat pendek memberikan rendamen yang lebih rendah daripada serat panjang yang dimiliki daun nanas. Semakin rendah rendamen maka akan semakin tinggi gramatur yang dimiliki kertas.

3.1.2 Tebal Kertas

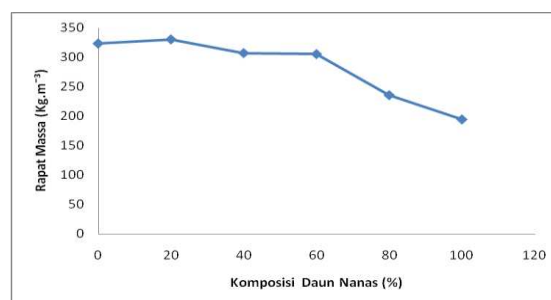


Grafik 2. Hubungan antara tebal kertas dengan komposisi daun nanas (%).

Dari Grafik 2 di atas tebal kertas yang paling tebal adalah pada campuran 100% pulp daun nanas dan 0% pulp eceng gondok yang besarnya adalah 0,3319 mm dan kertas yang paling tipis pada campuran 20% pulp daun nanas dan 80% pulp eceng gondok adalah 0,2421 mm. Kertas yang paling tebal terdapat pada komposisi 100% pulp daun nanas, hal ini disebabkan karena daun nanas memiliki serat panjang dimana hemiselulosa pada serat panjang tidak mudah larut ketika proses pemasakan di bandingkan hemiselulosa pada serat pendek yang dimiliki eceng gondok. Serat pendek mengandung lebih banyak lignin dari pada serat panjang, dan ketika proses pemasakan serat pendek akan menghasilkan sedikit serat dibandingkan dengan serat panjang. Karena pada proses pemasakan lignin akan terlarut.

3.1.3 Rapat Massa Kertas

Dari Grafik 3 di atas rapat massa paling besar adalah pada campuran 20% pulp daun nanas dan 80% pulp eceng gondok besarnya adalah $329,97 \text{ kg.m}^{-3}$ dan rapat massa yang paling kecil terdapat pada campuran 100% pulp daun nanas dan 0% pulp eceng gondok besarnya adalah $194,81 \text{ kg.m}^{-3}$. Komposisi terbaik terdapat pada 20% pulp eceng gondok dan 0% pulp daun nanas. Grafik rapat massa di dapat dari perhitungan pada persamaan 1.

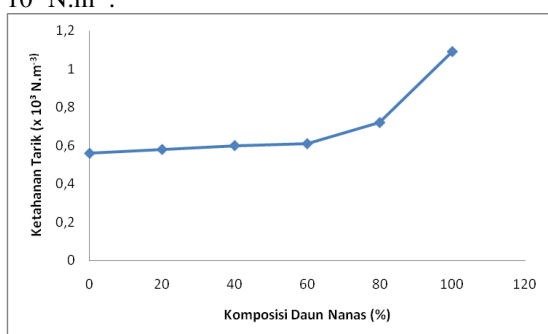


Grafik 3. Hubungan antara rapat massa kertas dengan komposisi daun nanas (%)

Pada komposisi 20% daun nenas dan 80% eceng gondok memiliki nilai rapat massa yang besar, hal ini karena sifat dari serat pendek dari yang dapat mengisi kekosongan yang dibentuk oleh serat panjang dari daun nenas. Sehingga pada komposisi tersebut, serat lebih terdistribusi merata dibandingkan komposisi lainnya.

3.1.4 Ketahanan Tarik Kertas

Dari Gambar 4.4 di atas ketahan tarik yang paling besar adalah pada campuran 100% pulp daun nenas dan 0% pulp eceng gondok besarnya adalah $1,09 \times 10^3 \text{ N.m}^{-2}$ dan ketahanan tarik yang terkecil terdapat pada campuran 0% pulp daun nenas dan 100% pulp eceng gondok besarnya adalah $0,56 \times 10^3 \text{ N.m}^{-2}$.

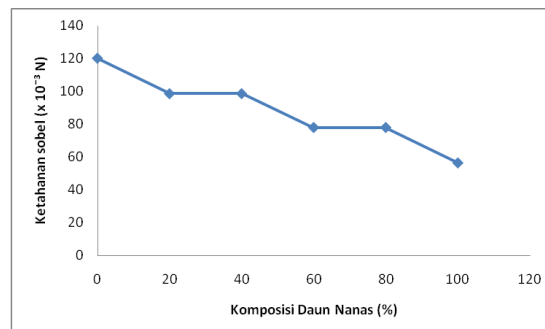


Grafik 4. Hubungan antara ketahanan tarik dengan komposisi daun nenas (%)

Pada komposisi 100% daun nenas memiliki nilai ketahanan tarik yang besar, hal ini disebabkan daun nenas memiliki serat panjang, dan pulp dari serat panjang akan menghasilkan pulp yang lebih kuat dari pada serat pendek yang dimiliki eceng gondok, karena serat panjang itu lebih panjang dan lebih kuat. Sehingga dari Grafik diatas dapat kita ketahui bahwa semakin besar komposisi daun nenas maka akan semakin besar nilai ketahanan tariknya. Ketahanan tarik berbanding lurus terhadap kepadatan, artinya semakin tinggi kepadatannya maka akan diikuti kekuatan tarik yang tinggi. Faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik adalah ukuran serat.

3.1.5 Ketahanan Sobek Kertas

Dari Grafik 5 di atas ketahanan sobek yang paling besar adalah pada campuran 0% pulp daun nenas dan 100% pulp eceng gondok yang besarnya adalah $120,1727 \times 10^{-3} \text{ Nm}^2.\text{gr}^{-1}$ dan ketahanan sobek yang kecil terdapat pada campuran 100% pulp daun nenas dan 0% pulp eceng gondok adalah $56,4273 \times 10^{-3} \text{ Nm}^2.\text{gr}^{-1}$.

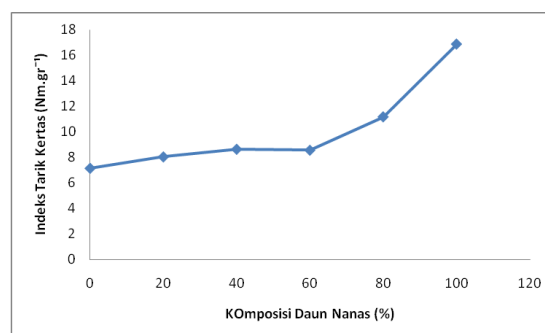


Grafik 5. Hubungan antara ketahanan sobek kertas dengan Komposisi daun nenas (%)

Dari Grafik 5 dan Grafik 2 dapat kita lihat ketahanan sobek berbanding terbalik dengan kepadatan, artinya semakin rendah kepadatannya maka akan diikuti oleh kekuatan sobek dan porositas yang tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan sobek adalah ikatan antara serat dan tingkat atau lamanya penggilingan panjang serat, semakin panjang seratnya maka semakin rendah kekuatannya, karena serat yang panjang memiliki fleksibilitas yang rendah.

3.1.6 Indeks Tarik Kertas

Grafik 6 di dapat dari persamaan 2. Dari Grafik 6 di atas indeks tarik yang paling besar adalah pada campuran 100% pulp daun nenas dan 0% pulp eceng gondok yang besarnya adalah $16,85 \text{ Nm.gr}^{-1}$ dan pada campuran 0% pulp daun nenas dan 100% pulp eceng gondok adalah $7,15 \text{ Nm.gr}^{-1}$.

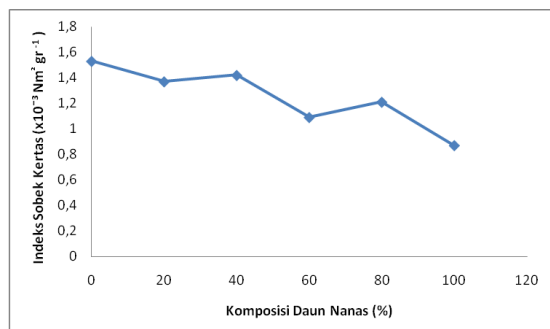


Grafik 6. Hubungan antara Indeks tarik kertas dengan komposisi daun nenas (%)

Pada komposisi 100% daun nenas memiliki nilai Indeks tarik yang besar, hal ini disebabkan daun nenas memiliki serat panjang, dan pulp dari serat panjang akan menghasilkan pulp yang lebih kuat dari pada serat pendek yang dimiliki eceng gondok, karena serat panjang itu lebih panjang dan lebih kuat. Sehingga dari Grafik 6 dapat kita simpulkan semakin banyak komposisi daun nenas maka akan semakin besar indeks tariknya.

3.1.7 Indeks Sobek Kertas

Grafik 7 di dapat dari persamaan 3. Dari Grafik 7 di atas indeks sobek yang paling besar adalah pada campuran 0% pulp daun nanas dan 100% pulp eceng gondok yang besarnya adalah $1,53 \times 10^{-3} \text{ Nm}^2.\text{gr}^{-1}$ dan pada campuran 100% pulp daun nanas dan 0% pulp eceng gondok adalah $0,87 \times 10^{-3} \text{ Nm}^2.\text{gr}^{-1}$.



Grafik 7. Hubungan antara Indeks Sobek kertas dengan Komposisi daun nanas (%)

Dari Grafik 7 dapat kita lihat juga kita lihat bahwa indeks sobek juga berbanding terbalik dengan ketebalan atau kepadatan kertas. Semakin tebal kertas maka indeks sobeknya juga akan semakin kecil.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan penelitian maka dapat disimpulkan :

1. Dari percobaan dapat kita ketahui komposisi terbaik dari campuran pulp daun nanas dan pulp eceng gondok yaitu pada komposisi campuran 60% pulp daun nanas dan 40% pulp eceng gondok, dimana pada komposisi tersebut memiliki gramatur $71,23 \text{ gr.m}^{-2}$, dan ketahanan sobek $78,0027 \text{ mN}$ yang hampir sesuai dengan standart SNI 14-0115-1998 yaitu Untuk gramatur 70 gr.m^{-2} dan ketahanan sobek 83 mN . Sedangkan untuk ketahanan tarik, hasil maksimum yang diperoleh yaitu $1,09 \text{ kN.m}^{-1}$ masih jauh dari nilai standart SNI yang memiliki nilai ketahanan tarik minimum $6,3 \text{ kN.m}^{-1}$.
2. Dari percobaan yang telah dilakukan kertas campuran pulp daun nanas dan eceng gondok diklasifikasikan sebagai kertas pembungkus makanan dengan gramatur bernilai $71,23 \text{ gr.m}^{-2}$, ketahanan tarik $0,61 \text{ kN.m}^{-1}$, dan ketahanan sobek $78,0027 \text{ mN}$ yang hampir sesuai dengan standart SNI 14-0115-1998 untuk yang reguler yaitu gramatur 70 gr.m^{-2} dan ketahanan sobek 83 mN .

3. Dari Percobaan yang telah dilakukan bahwa tumbuhan gulma eceng gondok dan daun nanas dapat dijadikan bahan baku pembuat kertas dengan hasil gramatur bernilai $71,23 \text{ gr.m}^{-2}$, ketahanan tarik $0,61 \text{ kN.m}^{-1}$, dan ketahanan sobek $78,0027 \text{ mN}$

5.2 Saran

1. Disarankan untuk peneliti selanjutnya untuk menggunakan bahan tambahan seperti starch, TiO_2 , pewarna untuk memperoleh kertas dari pulp daun nanas dan pulp eceng gondok untuk memperoleh sifat-sifat kertas yang lebih baik.
2. Disarankan untuk peneliti selanjutnya untuk menganalisa senyawa-senyawa kimia yang berbahaya yang terdapat dalam kertas agar tidak mengganggu kesehatan bila dimanfaatkan sebagai kertas pembungkus makanan.

DAFTAR ACUAN

- [1]. Anonim. 2006. *Pengkajian Teknologi Proses Serat Non Kapas Untuk Tekstil*. (<http://www.bppt.go.id>) dimuat 5 Desember 2012
- [2]. Aminudin, M.A. 2008. *Karakterisasi Komposit Eceng Gondok Dengan Variasi Panjang Serat (50 mm, 100 mm, 150 mm) dengan Matriks Polyester [skripsi]*. Surakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [3]. Asbani, Nur. 2008. *Prospek Serat Daun Nanas Sebagai Bahan Baku Tekstil*. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat : Malang
- [4]. Gunawan, P. Sahwalita. 2007. *Pengelolaan Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Kertas Seni*. Balai Litbang Kehutanan Sumatera. Medan
- [5]. Hidayat, Pratikno. 2008. *Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta. Vol. 4
- [6]. Jayanudin. 2009. *Pemutihan Daun Nanas Menggunakan Hidrogen Peroksida*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sultan Agung Tirtayasa : Cilegon. Vol. 3
- [7]. Lumbanbatu, Kasdim. 2008. *Pembuatan dan Karakteristik Kertas Eceng Gondok [skripsi]*. Universitas Sumatera Utara : Medan.
- [8]. Muladi, S. 2001. *Kajian Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Industri dan Penyelamat Lingkungan Hidup di Perairan*. Prosiding Seminar Nasional IV Masyarakat. Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI). Samarinda.